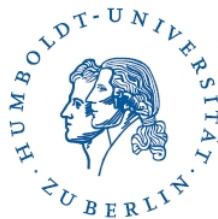


HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN  
SCHOOL OF BUSINESS AND ECONOMICS  
LADISLAUS VON BORTKIEWICZ CHAIR OF STATISTICS



# Trendanalyse ausgewählter Variablen der Verkehrsstatistik

Trend analysis of selected variables from the traffic statistic



BACHELORARBEIT  
VON  
LINH DUONG THI THUY  
(543246)

ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES  
BACHELOR OF SCIENCE (B.SC)  
IN VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE

PRÜFER: PROF. DR. WOLFGANG HÄRDLE  
BETREUER: DR. SIGBERT KLINKE

Berlin, 15.01.2016

# Abstrakt

In dieser Arbeit wird eine Regressionsanalyse für die Verkehrsunfallstatistik im Raum Deutschland für den Zeitraum 1991 bis 2014 durchgeführt. Es wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Unfallrate und der jährlichen Fahrleistung sowie der Straßenlänge vorliegt. Dabei ist die Unfallrate die abhängige Variable, die Fahrleistung und die Straßenlänge sind die beiden unabhängigen Variablen. Beide Variablen stellen sich als signifikant heraus, sie üben damit einen bedeutenden Effekt auf die Zielvariable aus. Führt man die Regressionsanalyse mit Unfällen samt Personenschaden als Regressand und die Regressoren, Fahrleistung und Straßenlänge, durch, kommen genau gegenteilige Ergebnisse dabei heraus. Monats- und Jahresdaten werden auf Trends untersucht. Die Unfallrate mit Verletzten hat einen fallenden Trend, wohingegen die Unfallrate aller Unfälle steigend ist. Bei der Analyse der Monatsdaten der Verkehrsstatistik stellte sich heraus, dass die Anzahl der Verletzten und Unfälle in wärmeren Monaten vergleichsweise hoch ist. Ebenfalls werden die Anzahl der Unfälle und die Anzahl der Verunglückten zwischen den Bundesländern Deutschlands verglichen. Das Bundesland mit den meisten Unfällen ist nicht gleich das Bundesland mit den meisten Verkehrstoten.

**Schlagwörter:** Verkehrsstatistik, Trendanalyse, Regressionsanalyse, exponentielles Glätten, gleitende Durchschnitte, Konfidenzband

# Danksagung

Zunächst möchte ich mich an dieser Stelle bei all diejenigen bedanken, die mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit, sowohl fachlich, als auch persönlich, unterstützt haben.

Mein Dank gilt meinem Betreuer Herr Dr. Sigbert Klink, der mich immer mit zahlreichen Ideen und Anregungen unterstützt hat. Ohne seine Hilfe wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern und meinen Bruder, die mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen unterstützt haben. Schließlich ein großes Dankeschön an alle meine Freunde, die mich während der Studienzeit begleitet haben. Das Studium wäre ohne euch nur halb so schön gewesen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verkehrssicherheitsprogramm 2011 bis 2020</b>	<b>3</b>
2.1	Ziele des Sicherheitsprogramms . . . . .	3
2.2	Aktueller Stand des Programms und der Problematik . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Datensatz</b>	<b>6</b>
3.1	Allgemeines zur Verkehrsstatistik . . . . .	6
3.2	Fahrleistungsstatistik . . . . .	7
3.3	Straßenlänge . . . . .	7
3.4	Unfallstatistik nach Bundesländern . . . . .	8
3.5	Datenaufbereitung . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Deskriptive Statistik</b>	<b>10</b>
4.1	Charakteristiken der Verkehrsstatistik . . . . .	10
4.2	Unfallursachen . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Methoden</b>	<b>14</b>
5.1	Das einfache lineare Regressionsmodell . . . . .	14
5.1.1	Modellannahmen . . . . .	14
5.1.2	Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	15
5.2	Glättungsmethoden . . . . .	17
5.2.1	Exponentielles Glätten . . . . .	17
5.2.2	Einfache gleitende Durchschnitte . . . . .	18
5.3	Konfidenzband . . . . .	19
<b>6</b>	<b>Analyse</b>	<b>20</b>
6.1	Regressionsanalyse . . . . .	20
6.2	Trendanalyse der Verkehrsstatistik . . . . .	22
6.3	Vergleich der Bundesländer . . . . .	27
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>30</b>

# Abbildungsverzeichnis

3.1	Bundesländer von Deutschland . . . . .	8
4.1	Verlauf der Variablen der Verkehrsstatistik . . . . .	11
4.2	Getötete durch den Straßenverkehr . . . . .	12
4.3	Fahrzeugbestand 1991 - 2014 . . . . .	12
4.4	Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden 2014 . . . . .	13
6.1	Trendverlauf der Unfallrate und Unfallrate mit Verletzten in Jahren .	24
6.2	Bundesländer von Deutschland . . . . .	25
6.3	Unfälle und Unfälle mit Verletzten in Monaten . . . . .	26
6.4	Unfälle und Getötete nach Bundesländern 1991 je 100.000 Einwohner	28
6.5	Unfälle und Getötete nach Bundesländern 2014 je 100.000 Einwohner	29

# Tabellenverzeichnis

2.1	Verunglückte 2011 - 2014 . . . . .	4
3.1	Variablenliste . . . . .	9
4.1	Deskriptive Statistik der Variablen der Verkehrsstatistik . . . . .	10
6.1	Ergebnisse der ersten Regression . . . . .	21
6.2	Ergebnisse der zweiten Regression . . . . .	21
7.1	Statistik der Unfälle mit Personenschaden, der Straßenlänge . . . . .	32
7.2	Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden . . . . .	33
7.3	Unfälle nach Art der Verkehrsbeteiligung . . . . .	33

# 1 Einleitung

Im Jahr 2014 verunglückten allein 392.912 Menschen auf deutschen Straßen, von denen 3.377 tödlich, 67.732 schwerverletzt und 321.803 leichtverletzt. Es hinterlässt nicht nur schwerwiegende soziale Folgen für Angehörige der Opfer, die Kosten, die damit zusammenhängen, sind immens. So belaufen sich beispielsweise die gesamten Unfallkosten im Jahr 2013 auf 32,51 Milliarden Euro<sup>1</sup>. Die Europäische Kommission stellte daher im Jahr 2010 ein Verkehrssicherheitsprogramm vor, um die Anzahl der Verkehrstoten im europäischen Raum von 2011 bis 2020, um 50 Prozent zu senken. Da nicht alle Länder in Europa beim Thema Verkehrssicherheit gleichermaßen fortgeschritten sind, bedeutet eine 50-prozentige Senkung im europäischen Raum bspw. nur eine 40-prozentige Senkung in Deutschland<sup>2</sup>.

Rein logisch würde man annehmen, dass die Anzahl der Verunglückten in Deutschland von Jahr zu Jahr konstant abnimmt, da Deutschland ein weit entwickeltes Land ist, in dem sich die Infrastrukturen konstant verbessern. Straßen werden von Jahr zu Jahr ausgebaut, Gesetzesänderungen die möglicherweise dafür sorgen, dass die Menschen achtsamer fahren, etc. Dies entspricht auch der Realität. Nun wollen wir jedoch wissen, wie stark sich diese Änderungen auf die Unfallstatistik tatsächlich auswirken und ob diese einen bestimmten Trend folgen.

Im Folgenden ist bei der Verwendung des Begriffes “Unfall“ oder “Unfallrate“ die Anzahl aller Unfälle im Straßenverkehr gemeint. Bei der Verwendung von “Unfälle mit Personenschaden/Verletzten“ sind Unfälle gemeint, bei dem auch jemand verletzt wurde, ungeachtet dessen wie hoch der Sachschaden des Unfalls beträgt.

Analysiert werden folgende Themengebiete: Als Erstes wird untersucht, inwiefern die Unfallrate oder die Unfallrate mit Personenschaden mit der Fahrleistung sowie die Länge öffentlicher Straßen in Verbindung stehen. Es stellt sich die Frage, ob ein steigender oder fallender Trend bei steigender Fahrleistung zu erwarten ist und ob sich der Ausbau der Straßen positiv oder negativ auf die Verkehrsunfallstatistik auswirkt. Außerdem sollen die Jahresdaten der Verkehrsstatistik noch auf Trends

---

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, April 2015  
[http://www.bast.de/DE/Statistik/Unfaelle-Downloads/volkswirtschaftliche\\_kosten.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bast.de/DE/Statistik/Unfaelle-Downloads/volkswirtschaftliche_kosten.pdf?__blob=publicationFile), abgerufen am 28.11.2015

<sup>2</sup> [http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/Verkehrssicherheit/VerkehrssicherheitInEuropa/verkehrssicherheit-in-europa\\_node.html](http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/Verkehrssicherheit/VerkehrssicherheitInEuropa/verkehrssicherheit-in-europa_node.html), abgerufen am 28.11.2015

untersucht werden. Die Monatsdaten der Unfallstatistik sollen darauf untersucht werden, ob sie saisonal abhängig sind. Man will also beobachten, ob in bestimmten Jahreszeiten vermehrt Unfälle auftreten. Anschließend wird analysiert, ob ein erhöhter Trend an Unfällen sowie Verunglückten in bestimmten Bundesländern existieren. Die Analyse wird sowohl in SPSS als auch in MS Excel durchgeführt.

Für diese Arbeit werden verschiedene Verkehrsstatistiken vom Statistischen Bundesamt herangezogen. Die Verkehrsstatistiken sind auf der Seite vom Statistischen Bundesamt für alle zugänglich und können dort heruntergeladen werden. Die Datensätze beinhalten längere Zeiträume, die Analyse wird jedoch auf Grundlage der Datensätze des Zeitraums von 1991 bis 2014 durchgeführt.

Zu Beginn wird kurz auf das “Verkehrssicherheitsprogramm 2011 bis 2020“ eingegangen sowie der derzeitige Stand des Programmes aufgezeigt. Im Anschluss werden die Datengrundlage und die Datenaufbereitung beschrieben. Danach wird der Datensatz anhand von deskriptiven Statistiken näher gebracht. Im fünften Kapitel werden die Methoden erläutert, um anschließend die Analysen durchzuführen. Zu den Methoden gehören: das lineare Regressionsmodell, Glättungsmethoden, wie das exponentielle Glätten und die gleitenden Durchschnitte, und das Konfidenzband. Zu guter Letzt kommt das Fazit.

## 2 Verkehrssicherheitsprogramm 2011 bis 2020

Im Folgenden werden vorerst die wichtigsten Ziele und Maßnahmen des Verkehrssicherheitsprogrammes genannt. Im Anschluss wird die derzeitige Situation geschildert, wobei näher auf die bisher erreichten Ziele und eventuell vorliegenden Problematiken eingegangen wird.

### 2.1 Ziele des Sicherheitsprogramms

Das erste Ziel ist die “Verkehrserziehung und Fahrausbildung/Fahrtraining der Straßenverkehrsteilnehmer verbessern“<sup>3</sup>. Die beste Infrastruktur ist ineffizient, wenn die Verkehrsteilnehmer nicht mitwirken. Somit spielt das Verhalten der Verkehrsteilnehmer eine sehr wichtige Rolle. Maßnahmen, die dieses Ziel unterstützen sollen, sind bspw. das Risikobewusstsein der Fahrer während der Fahrausbildung zu stärken und durchgehende Trainingseinheiten für Personen, die nicht als Kraftfahrer tätig sind, anzubieten.

Das zweite Ziel ist “Straßenverkehrsvorschriften verstärkt durchsetzen“<sup>4</sup>. Folgende Schritte sollen eingeleitet werden, um dieses Ziel zu erreichen: Kontrollkampagnen, Installation von neuen Fahrzeugtechniken wie z.B. Geschwindigkeitsregler und Wegfahrsperre, sollen verstärkt durchgesetzt und gefördert werden.

Landstraßen sowie innerstädtische Straßen sind besonders empfindlich für Unfälle. Das dritte Ziel des Programmes ist daher eine “sicherere Straßenverkehrsinfrastruktur“<sup>5</sup>. Nötige Schritte hierfür sind die Gewährleistung von finanziellen Mitteln plus die Durchführung relevanter Grundsätze des Infrastruktursicherheitsmanagements auf risikobehafteten Straßen sowie sekundären Straßen.

Bei dem nächsten Ziel geht es darum, Fahrzeuge noch sicherer zu machen. Die Kommission wird dafür Vorschläge liefern, um eine Weiterentwicklung der “aktiven und passiven Fahrzeugsicherheit“, “eine schrittweise Harmonisierung und Verschärfung

---

<sup>3</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 5 f.

<sup>4</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 6 ff.

<sup>5</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 8



der technischen Überwachung und der technischen Unterwegskontrollen“ zu ermöglichen<sup>6</sup>. Weiterhin sollen vorhandene kooperative Systeme auf ihre Nützlichkeit analysiert werden.

Intelligente Verkehrssysteme rücken immer mehr in den Fokus, wenn es um die Verkehrssicherheit geht. Im fünften Ziel liegt der Schwerpunkt auf der “Nutzung moderner Technologie für mehr Sicherheit im Straßenverkehr“<sup>7</sup>. ECall-Systeme sollen eine Möglichkeit bieten, um den Zeitraum zu verkürzen, bis rettungseinleitende Maßnahmen eintreten. Außerdem soll überprüft werden, inwiefern es von Vorteil ist, Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen auszustatten.

Im vorletzten Ziel geht es darum, “Notfalldienste und Dienste für die Betreuung von Verletzten zu verbessern“<sup>8</sup>. Trotz gesunkener Verkehrstoten bleibt die Anzahl der Verletzten hoch. Daher sollen Maßnahmen ergriffen werden, die dafür sorgen, dass unverzüglich Rettungsmaßnahmen geleistet werden, falls es zu einem Unfall mit Verletzten kommt.

Das letzte Ziel ist “schwächere Straßenverkehrsteilnehmer schützen“<sup>9</sup>. Folgende Maßnahmen sind hierfür von Bedeutung: Untersuchung potenzieller Sicherheitsvorkehrungen für Motorradfahrer sowie die Stärkung der Sicherheit von besonders risikobehafteten Verkehrsteilnehmern.

## 2.2 Aktueller Stand des Programms und der Problematik

Jahre	2011	2012	2013	2014
Unfälle mit Personenschaden	306.266	299.637	291.105	302.435
Getötete	4.009	3.600	3.339	3.377
Schwerverletzte	68.985	66.279	64.057	67.732
Leichtverletzte	323.380	318.099	310.085	321.803

Tabelle 2.1: Verunglückte 2011 - 2014

Aus der Tabelle 2.1 kann entnommen werden, dass von 2011 bis 2014 die Anzahl der Verkehrstoten mit ca. 16% deutlich zurückgegangen ist, wohingegen die Anzahl der Schwer- und Leichtverletzten konstant hoch geblieben sind. Da sich das Programm

<sup>6</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 10

<sup>7</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 11 f.

<sup>8</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 12 f.

<sup>9</sup> Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 S. 13 ff.

lediglich auf die Getöteten im Straßenverkehr bezieht, ist davon auszugehen, dass das Programm wirksam ist.

Die derzeitige Flüchtlingskrise in Deutschland könnte dafür sorgen, dass der 40-prozentige Rückgang nicht erreicht werden kann. Polizisten werden in anderen Bereichen benötigt und kommen an ihre Kapazitäten, dies geschieht zum Nachteil der Verkehrsüberwachung, die dadurch stark vernachlässigt wird<sup>10</sup>. Bereits von 2013 auf 2014 kann man eine leichte Zunahme der Verkehrstoten beobachten. Abgesehen von dem zunehmenden Verkehr sorgt der demografische Wandel dafür, dass vermehrt ältere Menschen auf zunehmenden Straßen unterwegs sind.

---

<sup>10</sup><http://www.welt.de/politik/deutschland/article147921764/Das-System-droht-zu-kollabieren.html>, abgerufen am 28.11.2015

## 3 Datensatz

Die Statistik der Verkehrsunfälle in Deutschland wird seit vielen Jahren erhoben. Mithilfe der Datensätze können Strukturen und Entwicklung der Straßenverkehrsunfälle analysiert und ausgewertet werden. Das ist vor allem essenziell für eine effektive Verkehrssicherheitspolitik.

Zunächst werden die grundlegenden Eigenschaften der Verkehrsstatistik erläutert, nachfolgend die für die Analyse verwendeten Datensätze beschrieben und zum Schluss wird die Datenaufbereitung dargelegt.

### 3.1 Allgemeines zur Verkehrsstatistik

Das Statistische Bundesamt definiert einen Straßenunfall als einen Unfall, der infolge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen entstanden ist, bei dem Personen getötet oder verletzt wurden oder Sachschaden entstanden sind<sup>11</sup>. Spricht man hingegen von einem Unfall mit Personenschaden, so handelt es sich dabei um einen Unfall mit Verletzten oder sogar Getöteten, unabhängig davon, wie hoch die resultierenden Sachkosten sind.

Die Angaben zu den Verkehrsunfällen werden direkt von der Polizei an das Statistische Bundesamt übermittelt. Das heißt, die Statistik enthält nur die Unfälle, die der Polizei bekannt sind. Unfälle, bei denen nur geringer Sachschaden oder Verletzungen entstanden sind, werden der Polizei nicht gemeldet. Ebenfalls werden nur Unfälle erfasst, die infolge des Straßenverkehrs entstanden sind. Unfälle, die bspw. lediglich Fußgänger betreffen, werden hier außen vor gelassen. Die Polizei macht dabei Angaben zur Unfallart, Beteiligten, Fahrzeugart, Verunglückten sowie die Unfallursache<sup>12</sup>. Die Berichte erfolgen dabei dreistufig: Schnellmeldung, Monatsbericht und Jahresergebnis. Liegt ein Unfall mit Personenschaden vor, werden die Opfer je nach Stärke der Verletzung in drei verschiedene Kategorien eingeteilt: Leichtverletzt, Schwerverletzt und Getötet. Die Einteilung findet ebenfalls durch die Polizei statt, eine Verifizierung durch professionelle Ärzte erfolgt nicht. Als Verkehrstote bezeichnet man jemanden, der unmittelbar am Tatort oder innerhalb von 30 Tagen an

---

<sup>11</sup> StVUnfStatG §1

<sup>12</sup> StVUnfStatG §2 (1)

den Folgen eines Verkehrsunfalls verstirbt<sup>13</sup>. Jemand wird in die Kategorie Schwer- verletzt eingeordnet, wenn er mindestens 24 Stunden im Krankenhaus behandelt werden muss<sup>14</sup>. Alle verbleibenden gelten als Leichtverletzt, also all diejenigen, die überhaupt nicht behandelt werden müssen oder weniger als 24 Stunden im Krankenhaus verbringen. Durch diese Grenzen kommt es dazu, dass minimale Unterschiede zwischen den Monats- und Jahresberichten entstehen.

## 3.2 Fahrleistungsstatistik

Die Daten zur jährlichen Fahrleistung in Deutschland können ebenfalls auf der Seite des Statistischen Bundesamtes heruntergeladen werden. Die Daten werden ursprünglich vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin sowie von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Bergisch Gladbach geliefert. Die Fahrleistungsstatistik ist also nicht direkter Bestand der Verkehrsstatistik, es sind Bezugsgrößen. Der Datensatz wird für die Regressionsanalyse benötigt. Die Daten sind für Motorräder, Personenkraftwagen, Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen jährlich gegeben, wichtig ist jedoch nur die insgesamt jährliche Fahrleistung für die Analyse. Die Fahrleistung wurde nach dem Inländerfahrleistungsprinzip erhoben. Das heißt, die gegebene Summe entspricht der Anzahl der hinterlegten Kilometer vom Inländer in Deutschland einschließlich der hinterlegten Strecken im Ausland deutscher Kfz. Die gefahrenen Kilometer ausländischer Kfz bleiben dabei unberücksichtigt. Ebenfalls nicht enthalten sind die Fahrleistungen der Kraftfahrzeuge von der Bundeswehr, des Bundesgrenzschutzes und der ausländischen Streitkräfte.

## 3.3 Straßenlänge

Die Angaben zu der Straßenlänge stammen vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ref. S10, Bonn und sind ebenso auf der Seite des Statistischen Bundesamtes verfügbar.

Die gegebenen Zahlen zur Länge der öffentlichen Straßen errechnen sich aus: die Länge der Straßen innerhalb von Ortschaften, sowie außerhalb von Ortschaften ohne Autobahnen und die Länge der Strecken der Autobahnen. Maßgeblich für die Analyse ist wieder die jährliche Gesamtlänge der öffentlichen Straßen. Der Datensatz ist für die Regressionsanalyse erforderlich.

---

<sup>13</sup> StVUnfStatG §2 (3)

<sup>14</sup> StVUnfStatG §2 (4)



Abbildung 3.1: Bundesländer von Deutschland

### 3.4 Unfallstatistik nach Bundesländern

Der Datensatz beinhaltet sämtliche Angaben zu den jährlichen Straßenverkehrsunfällen zu allen Bundesländern von Deutschland (Abbildung 3.1<sup>15</sup>). Die Anzahl der Unfällen und Verunglückten sind in Bezug auf die Einwohnerzahl gegeben. Es ist die Anzahl der ereigneten Unfälle und Verunglückten je 100.000 Einwohner dargestellt. Somit sind die Daten zwischen den Bundesländern bezüglich ihrer Einwohnerzahl vergleichbar.

Der Datensatz ist für den Vergleich zwischen den Bundesländern erforderlich. Unter der Voraussetzung, dass die Verkehrssicherheit sich für alle Bundesländer gleichermaßen durchsetzt, müssten die Unterschiede zwischen den Bundesländern rein durch die Fläche und damit durch die Bevölkerungsdichte erklärt werden können. Das hängt mit der Verkehrsdichte zusammen. Darauf wird später näher eingegangen.

---

<sup>15</sup> Bildquelle:  
<http://www.parlamentsspiegel.de/ps/webmaster/images/parlamentsdokumentation/deutschland.png>, abgerufen am 06.12.2015

## 3.5 Datenaufbereitung

Die Daten der Verkehrsstatistik werden nur in Form von MS Excel-Tabellen zur Verfügung gestellt. Da MS Excel nicht viel Variation für die Datenanalyse bietet, muss vorerst ein Datensatz für die benötigten Variablen in SPSS generiert werden. Alle Variablen sowie die dazugehörige Erklärung können aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Variable	Erklärung
Jahr	Jahr, in dem die Verkehrsstatistik gezählt wurde
GesUnf	Anzahl aller Unfälle im Straßenverkehr
GesPer	Anzahl der Unfälle mit Personenschaden
Sach	Unfall mit Sachschaden
Getötet	Unfall mit Toten
Schwerverletzt	Unfall mit Schwerverletzten
Leichtverletzt	Unfall mit Leichtverletzten
Fahrleistung	Gesamtfahrleistung in Deutschland in Mrd. km
Straßenlänge	Straßenlänge der öffentlichen Straßen in Deutschland in 1.000 km

Tabelle 3.1: Variablenliste

Für die Monatsdaten der Verkehrsstatistik und die Statistik der Unfälle nach Bundesländern muss kein Datensatz in SPSS generiert werden. Hier reicht eine Analyse in MS Excel aus.

## 4 Deskriptive Statistik

Um sich einen kurzen Überblick über den Datensatz zu verschaffen, werden in diesem Kapitel die Variablen der Verkehrsstatistik deskriptiv analysiert. Die Veranschaulichung erfolgt in Form von Tabellen sowie Graphiken.

### 4.1 Charakteristiken der Verkehrsstatistik

Die Analyse wird auf Basis der Daten von 1991 bis 2014 durchgeführt, entsprechend liegt eine Beobachtung von 24 (Jahren) vor. Zwischen der ersten Beobachtung und der letzten Beobachtung liegen mehr als 20 Jahre. In diesem Zeitraum konnten bereits viele Maßnahmen zur Verkehrssicherheit erfolgreich durchgesetzt werden. Eine verbesserte Verkehrssicherheit impliziert die Senkung der Unfallrate und damit auch die Anzahl der Verletzten. Die Interpretation der Werte sollte daher mit Vorsicht getroffen werden.

Variable	Mean	Min	Max	Std. Dev.
GesUnf	2.320.201,75	2.232.379	241.4011	63.991,120
GesVer	462.414,375	374.557	528.218	55.069,97483
Sachschaden	1.969.892,88	1.850.298	2.122.974	83.969,366
Getötet	6.070,96	3.131	10.076	2.191,248
Schwerverletzt	93.137,54	62.620	131.093	24.274, 094
Leichtverletzt	363.205,88	308.550	411.577	31.524,769
Straßenlänge	230,104	226,3	231,6	1,7140
Fahrleistung	668,758	574,1	735,0	44,7424

Tabelle 4.1: Deskriptive Statistik der Variablen der Verkehrsstatistik

Die Minima der Variablen GesVer, Sachschaden, Getötet, Schwerverletzt sowie Leichtverletzt können als Werte der näheren Zukunft interpretiert werden, wohingegen die Maxima dieser Variablen den Werte aus der Vergangenheit nahe kommen (Tabelle 4.1). Das liegt daran, dass für diese Variablen ein deutlicher Rückgang aus der Abbildung 4.1 herausgeht. Ein Minimum von 3.131 Toten im Straßenverkehr entspricht also eher dem Wert von heute als ein Maximum mit 10.076 Verkehrstoten.

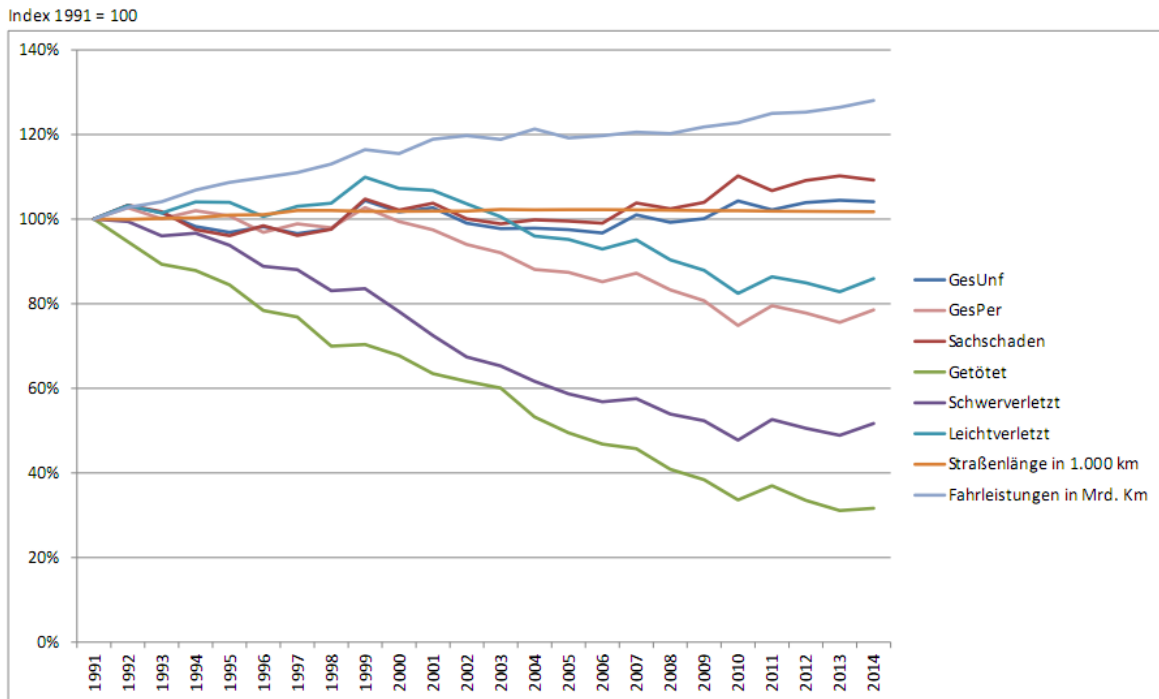


Abbildung 4.1: Verlauf der Variablen der Verkehrsstatistik

Entsprechend würde das Maximum von 10.076 an Verkehrstoten mit dem Wert aus der Vergangenheit größtenteils übereinstimmen.

Aus Abbildung 4.1 geht hervor, dass die Anzahl der Leichtverletzten und die Unfälle mit Verletzten im Zeitverlauf abnimmt, jedoch weniger ausgeprägt ist, als die beiden Variablen Getötet und Schwerverletzt. Weiter zu beobachten ist, dass die Fahrleistung mit der Zeit zunimmt.

Beim Mittelwert gehen alle Beobachtungen mit gleichem Gewicht ein. Aufgrund der konstanten Senkung der Verkehrstoten sowie der Schwerverletzten, ersichtlich aus Abbildung 4.1<sup>16</sup>, beeinflussen große Werte aus der Vergangenheit daher stark den Mittelwert. Ein Mittelwert der Höhe von rund 6.071 Verkehrstoten oder 93.138 Schwerverletzten entspricht ungefähr der mittleren Beobachtung, also die Werte derjenigen Jahre, die sich um das Jahr 2000 bewegen. Vergleichsweise ist der Verlauf der Kurve der Variablen Sachschaden, GesUnf und Straßenlänge sehr gleichmäßig über die Zeit verteilt. Der Mittelwert dieser Variablen kann daher für den gesamten Zeitraum von 1991 bis 2014 angenommen werden. Damit beträgt die durchschnittliche Straßenlänge öffentlicher Straßen in Deutschland 230,104 Tausend km. Des Weiteren kann jährlich durchschnittlich mit 2.320.202 Unfällen und 1.969.893 Unfällen mit Sachschaden gerechnet werden.

Obwohl die Anzahl der Unfälle über die Zeit konstant bleibt, und sogar ein we-

<sup>16</sup> Die Werte aus dem Jahr 1991 werden als Bezug genommen, Wert der Variable aus 1991 ist gleich der Index gleich 100%.



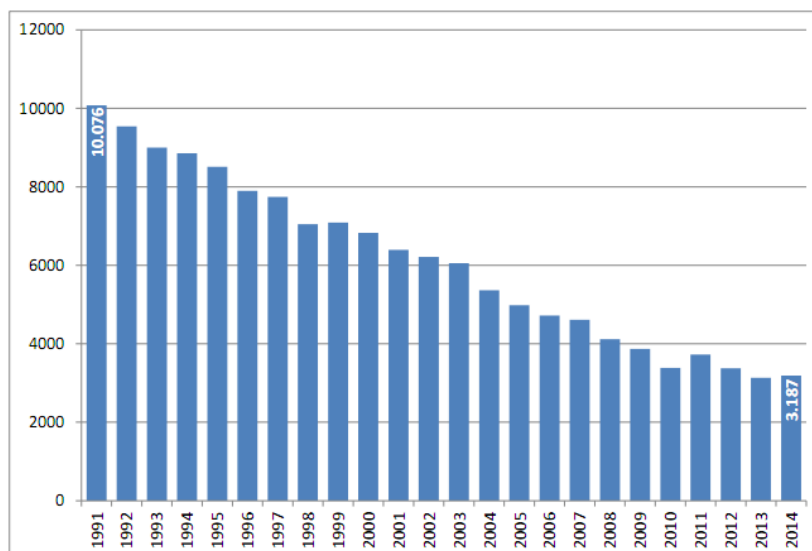


Abbildung 4.2: Getötete durch den Straßenverkehr

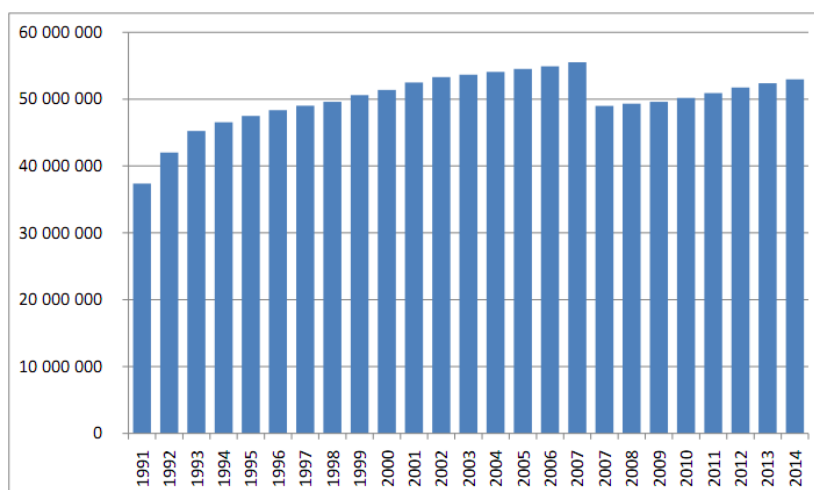


Abbildung 4.3: Fahrzeugbestand 1991 - 2014

nig zunimmt, ist ein bedeutender Rückgang der Getöteten im Straßenverkehr zu verzeichnen (Abbildung 4.2). Im Jahr 1991 wurden 10.076 Menschen auf deutschen Straßen getötet, im Jahr 2014 sank die Anzahl der Getöteten auf 3.187. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Verkehrssicherheit in Deutschland sich im positiven Sinne entwickelt. Dass trotz steigender Anzahl der Kraftfahrzeugbestände die Anzahl der Verkehrstoten sinkt, bekräftigt dieses Argument. Die gleichbleibende Unfallrate lässt sich wohl ein wenig dadurch begründen, dass die Tendenz des Fahrzeugbestandes und damit die Beteiligten am Straßenverkehr steigend ist (Abbildung 4.3<sup>17</sup>).

<sup>17</sup> Bis 2007 wurden stillgelegte Fahrzeuge noch mit in die Statistik einbezogen, ab 2008 nicht mehr. 2007 wird als Vergleich doppelt dargestellt.

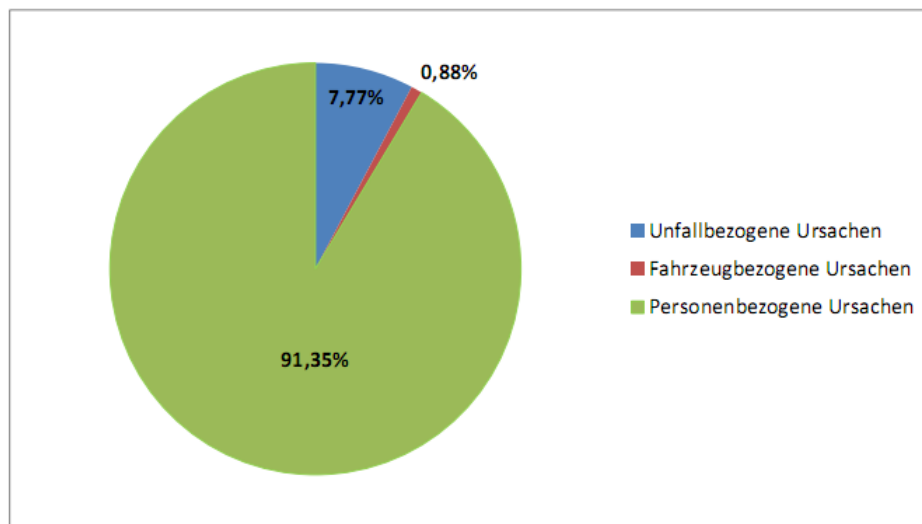


Abbildung 4.4: Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden 2014

## 4.2 Unfallursachen

Ein Unfall wird nicht, wie viele etwa denken, am häufigsten durch Wettergegebenheiten verursacht, sondern durch das Fehlverhalten von Personen. Mit 91,35% bildet es die größte Kategorie, laut den Angaben aus 2014 (Abbildung 4.4). Unter personenbezogenen Ursachen fallen z.B. Alkohol am Steuer, nicht angemessene Geschwindigkeit, Nichtbeachtung von Verkehrsregeln, etc. Unfälle, die durch das Wetter verursacht werden, fallen in die Kategorie "unfallbezogene Ursachen". Somit macht das Wetter lediglich 7,77% an den gesamten Unfällen mit Personenschaden in 2014 aus. Ausschließlich 0,88% aller Unfälle mit Verletzten in 2014 beruhen auf technische Fehler des Fahrzeuges, die Gruppe der fahrzeugbezogenen Ursachen.

## 5 Methoden

Um die Analyse durchführen zu können, bedarf es der Nutzung von wichtigen statistischen Instrumenten, die in diesem Kapitel aufgeführt und erläutert werden. Als Erstes wird das einfache lineare Regressionsmodell beschrieben. Danach folgen die Methoden der Glättung: exponentielles Glätten und die gleitenden Durchschnitte, und schließlich das Konfidenzband.

### 5.1 Das einfache lineare Regressionsmodell

Das Ziel einer linearen Regression ist es, eine endogene oder auch eine erklärte Variable mit Hilfe einer oder mehrerer exogenen Variablen zu erklären. Im Falle einer exogenen Variablen, spricht man von einer einfachen linearen Regression, andernfalls von einer multiplen linearen Regression. Bei einer multiplen linearen Regression hängt der Regressand also von mehreren Regressoren ab.

Nachstehend wird zunächst auf die Modellannahmen des einfachen linearen Regressionsmodells eingegangen, darauffolgend die Methode der kleinsten Quadrate.

#### 5.1.1 Modellannahmen

Das einfache lineare Regressionsmodell kann wie folgt beschrieben werden:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + e_t \quad (5.1)$$

$y_t$  stellt die abhängige Variable und  $x_t$  die unabhängige Variable dar,  $e_t$  ist der Fehlerterm. Die abhängige Variable und die unabhängige Variable sind beobachtbar, der Fehlerterm hingegen ist unbeobachtbar.  $\beta_0$  und  $\beta_1$  sind die Regressionskoeffizienten, diese sind ebenfalls unbekannt und müssen geschätzt werden. Die geschätzten Werte werden mit  $b_0$  und  $b_1$  bezeichnet. Die Anzahl der Beobachtungen ist gegeben durch  $t = 1, \dots, T$ .

Der Fehlerterm ist essenziell für das Modell, da es dazu kommt, dass weitere unabhängige Variablen Einfluss auf  $y_t$  ausüben, aber nicht in der Analyse mit einbezogen

wurden. Ebenso kann es dazu kommen, dass Messfehlern der Beobachtungswerte sowie zufällige Effekte eintreten können.

Für den Fehlerterm werden folgende drei Annahmen getroffen:

- (i)  $E(e_t) = 0$  für alle  $t = 1, \dots, n$
- (ii)  $Var(e_t) = \sigma^2 = const.$  für alle  $i$
- (iii)  $Cov(e_t, e_s) = 0$  für  $t \neq s$

Die Annahme (i) besagt, dass Schwankungen sich im Mittel ausgleichen und somit keinen Effekt auf  $y_t$  haben. In der zweiten Annahme wird unterstellt, dass die Fehlervarianz für alle  $n$  konstant ist. Die letzte Annahme drückt aus, dass die Fehler verschiedener Beobachtungen unkorreliert sind.

### 5.1.2 Methode der kleinsten Quadrate

Die Schätzung der Regressionskoeffizienten erfolgt gewöhnlich mithilfe der Methode der kleinsten Quadrate. Ziel dieser Methode ist es, eine Schätzung für die Regressoren zu finden, bei der die Summe der quadratischen Abweichung minimal ist:

$$KQ(b_0, b_1) = \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (y_t - \underbrace{f(\beta_0, \beta_1)}_{b_0 + b_1 x_i = \hat{y}})^2 \rightarrow \text{Min.} \quad (5.2)$$

Das Minimum findet man, in dem man die Gleichung nach den beiden Parametern  $b_0$  und  $b_1$  ableitet und diese gleich Null setzt. Anschließend werden die Gleichungen nach  $b_0$  und  $b_1$  umgestellt. Für die beiden Regressionskoeffizienten ergibt sich:

$$b_0 = \frac{\sum_{t=1}^n y_i \sum_{t=1}^n x_i^2 - \sum_{t=1}^n x_i \sum_{t=1}^n x_i y_i}{n \sum_{t=1}^n x_i^2 - (\sum_{t=1}^n x_i)^2} \quad (5.3)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.4)$$

$\bar{x}$  und  $\bar{y}$  stellen jeweils das arithmetische Mittel der  $x_i$  - sowie  $y_i$  - Werte dar. Um zu prüfen, dass tatsächlich ein Minimum vorliegt, kann die zweite partielle Ableitung herangezogen werden.

Mittels der geschätzten Regressionskoeffizienten kann die Regressionsfunktion  $\hat{y} = b_0 + b_1 x$  aufgestellt werden und damit auch die Regressionsgerade. Anhand der Gerade lassen sich lineare Trends bestimmen.

Die wesentlichen Eigenschaften der kleinsten Quadratschätzung sind<sup>18</sup>:

- (1)  $\sum_{i=1}^n e_i = 0$
- (2)  $\sum_{i=1}^n x_i e_i = 0$
- (3)  $\bar{y} = \hat{\bar{y}}$
- (4)  $\bar{y} = b_1 + b_2 \bar{x}$

Der KQ-Schätzer ist der beste lineare unverzerrte Schätzer.

Die Güte einer Regression kann mithilfe des Bestimmtheitsmaßes bestimmt werden, dieses ist definiert als:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n n(y_i - \bar{y})^2} = \frac{\text{erklärte Abweichungssumme}}{\text{zu erklärte Gesamtabweichungssumme}} \quad (5.5)$$

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Damit stellt das Bestimmtheitsmaß das Verhältnis zwischen der erklärten Variation und der Gesamtvariation dar. Das Bestimmtheitsmaß sagt aus, wie viel Prozent der Varianz durch das Regressionsmodell erklärt werden kann. Liegt  $R^2$  also nahe Eins bzw. genau bei Eins, kann die Varianz größtenteils bis vollständig durch das Regressionsmodell erklärt werden. Wenn  $R^2 = 1$  liegen alle Beobachtungen auf der Regressionsgerade. Entsprechend liefert ein Wert nahe Null minimale bis keine Erklärung für die Varianz von  $y$ .

Zur Bestimmung der Güte der Anpassung der Regressionsgerade an die Beobachtungswerte können die Residuen herangezogen werden. Die Residuen werden wie folgt beschrieben:

$$\hat{e}_t = y_t - \hat{y}_t \quad t = 1, \dots, n \quad (5.6)$$

Mit  $y_t$  wird der tatsächlich beobachtete Wert dargestellt,  $\hat{y}_t$  ist der durch die Regression erklärte Wert. Ein Wert von Null heißt, dass die Regressionsgerade sich perfekt an die Beobachtungswerte anpasst. Ein Wert von Eins bedeutet, dass sich die Regressionsgerade überhaupt nicht an die Beobachtungswerte anpasst.

---

<sup>18</sup> Vgl. [2]

## 5.2 Glättungsmethoden

Eine Glättung der Zeit- bzw. Datenreihen, deren zeitliche Anordnung eine wichtige Rolle spielt, hat die Funktion, Trends aufzudecken und diese zu quantifizieren. Durch kurz- bis langfristige Schwankungen kommt es oft dazu, dass Trends nicht sofort erkennbar sind, erst durch eine Glättung wird diese verdeutlicht. Mithilfe der Methoden des exponentiellen Glättens und der gleitenden Durchschnitte wird untersucht, ob die Zeitreihen der Verkehrsstatistik trendbehaftet sind. Vorab werden beide Methoden nachfolgend näher erläutert.

### 5.2.1 Exponentielles Glätten

Die Methode des exponentiellen Glättens gehört zur Filtermethode. Das heißt, Abschnitte, die nicht Bestandteil der Trend- oder glatten Komponente<sup>19</sup> sind, werden mithilfe einer Transformation herausgelöscht bzw. herausgefiltert. Die Filterung sorgt dafür, dass sich die glatte Komponente nur an die Beobachtungswerte annähert, die ihr zeitlich am nächsten kommen. Die lokale Approximation erfolgt durch Zusammensetzung geeigneter Durchschnitte von zeitlich benachbarten Beobachtungswerten:

$$g_t = \sum_i \beta_i y_{t-i} \quad (5.7)$$

Dabei ist  $\beta_i$  das Gewicht, welches in die glatte Komponente eingebracht wird.

Die Glättung bei einer exponentiellen Glättung findet durch einen rekursiven linearen Filter statt. Die Filterung ist definiert als:

$$g_t^e := \beta g_{t-1}^e + (1 - \beta) y_t^{20} \quad t = 2, 3, \dots, T \text{ einfaches exponentielles Glätten} \quad (5.8)$$

$0 < \beta < 1$  Glättungsparameter

Der geschätzte, geglättete Wert setzt sich aus dem gewichteten Durchschnitt der geglätteten Werte und der aktuellen Beobachtungswerte zusammen, somit ist der Filter rekursiv.  $g$  besteht aus allen Werten der Vergangenheit:

$$g_t^e = (1 - \beta)[y_t + \beta y_{t-1} + \beta^2 y_{t-2} + \dots + \beta^{t-2} y_2] + \beta^{t-1} y_1 \quad (5.9)$$

---

<sup>19</sup> Die glatte Komponente setzt sich aus der Trend- und zyklischen Komponente zusammen

<sup>20</sup> Vgl. Schira (2003)

Aus der Formel ist zu erkennen, dass Beobachtungen, die weiter in der Vergangenheit zurückliegen, weniger gewichtet werden. Genau genommen, nehmen sie geometrisch ab und konvergieren gegen Null. Je größer man also  $\beta$  wählt, desto mehr Gewicht wird den neuen Werten zugeteilt, dementsprechend wird mehr Gewicht auf Werten der Vergangenheit gelegt, wenn der Glättungsparameter nahe Null liegt.

Für die Analyse ist die Methode daher interessant, weil der Glättungsparameter eine “Gegenwartsorientierung” besitzt. Die Verkehrssicherheit auf deutschen Straßen aus früheren Zeiten ist gewissermaßen nicht vergleichbar mit der Verkehrssicherheit von heute.

## 5.2.2 Einfache gleitende Durchschnitte

Die Methode der gleitenden Durchschnitte ist ebenfalls eine Filtermethode und wird im Englischen als Moving Average (MA) bezeichnet. Gleitende Durchschnitte können sowohl für Zeitreihen mit saisonalen Komponente, als auch Zeitreihen ohne saisonaler Komponente angewendet werden. Ein linearer Filter kann wie folgt beschrieben werden:

$$g_{t+v} := \sum_{i=1}^l \alpha_i y_{t+i-1}^{21} \quad \text{für } t = 1, \dots, T - l + 1 \quad (5.10)$$

Dabei sind  $\alpha_i$  die Gewichte,  $l$  ist die Länge des Filters,  $v$  entspricht dem Zeitindex, der dem entsprechenden Wert  $g$  zugeteilt wird. Der lineare Filter wird genau dann als gleitender Durchschnitt bezeichnet, wenn die Summe der Gewichte gleich eins ist, also:

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i = 1 \quad (5.11)$$

Die Bezeichnung “gleitend” kommt daher, dass der Stützbereich sich von Wert zu Wert anpasst, er “gleitet somit über die Zeitreihe hinweg”. Wenn alle Werte mit gleichem Gewicht eingehen, also  $\alpha_i = \frac{1}{l}$ , liegt ein einfacher gleitender Durchschnitt vor.

Die Stärke der Glättung lässt sich durch die Länge des Filters  $l$  anpassen. Für eine starke Glättung wählt man ein großes  $l$  und andersherum. Möchte man über das Glätten hinaus noch eine Saisonkomponente “wegfiltern”, dann muss die Länge des Filters gleich die Anzahl der periodischen Schwankungen sein, da Saisonschwankungen erfahrungsgemäß über die Periode identisch bleiben.

---

<sup>21</sup> Vgl. Schira (2003)

## 5.3 Konfidenzband

Das Konfidenzband ist nicht zu verwechseln mit dem Konfidenzintervall. Während das Konfidenzintervall nur für einen gegebenen Parameter eine Intervallschätzung liefert, wird beim Konfidenzband für das gesamte Modell eine Intervallschätzung angegeben. Das Konfidenzband stellt den Bereich dar, in dem die Grundgesamtheit der Regressionsgerade mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt, wenn sie der angegebenen Verteilung folgt. Wie beim Konfidenzintervall, existiert eine obere sowie eine untere Grenze.

Die Schätzung des Konfidenzbandes für die Regressionsgerade  $y = a + bx$  ist gegeben als:

$$KI_{a+bx} = \left( \hat{a} + \hat{b}x - s_{\hat{y}} \cdot t_{n-2; 1-\frac{\alpha}{2}}; \hat{a} + \hat{b}x + s_{\hat{y}} \cdot t_{n-2; 1-\frac{\alpha}{2}} \right)^{22} \quad (5.12)$$

mit  $s_{\hat{y}}^2 = s_R^2 \cdot \left( \frac{1}{n} + \frac{(x-\bar{x})^2}{(n-1) \cdot s_x^2} \right)$

$s_R^2$  stellt die Stichprobenreststreuung dar, die definiert ist als:

$$s_R^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5.13)$$

Zusätzlich muss die Voraussetzung  $e_i \sim N(0; \sigma^2)$  für  $i = 1, \dots, n$  getroffen werden. Das Konfidenzband ist ebenfalls enger gefasst als das Konfidenzintervall, da hier der Mittelwert als Schätzwert angenommen wird. Das Konfidenzband beschreibt die Schätzung der Koeffizienten, also in welchem Intervall diese Schätzung liegen soll. Wohingegen das breite Konfidenzintervall die Schätzung der Koeffizienten und der Residuen beschreibt.

Das Konfidenzband soll auf die lineare Regressionsgerade angewandt werden. Verläuft die Kurve der linearen Regressionsgerade im Bereich des Konfidenzbandes, so stellt dieses Szenario den Normalfall dar. Das bedeutet, die geschätzten Parameter liegen, beispielsweise bei einem 95-prozentigen Konfidenzintervall, zu 95 Prozent innerhalb des Intervalls. Werte die sich außerhalb des breiten Konfidenzintervalls befinden, können als Extremwerte interpretiert werden.

---

<sup>22</sup> Vogel (2014)



## 6 Analyse

In diesem Kapitel wird zunächst eine Regressionsanalyse durchgeführt, um die Abhängigkeit der Anzahl der Unfälle mit der Fahrleistung sowie die Straßenlänge von öffentlichen Straßen zu untersuchen und diese auszuwerten. Ebenfalls wird eine Regressionsanalyse mit der Anzahl der Verletzten durch den Verkehrsunfall als abhängige Variable durchgeführt, die unabhängigen Variablen bleiben die gleichen. Weiterhin werden die Jahres- und Monatsdaten der Verkehrsstatistik auf Trends untersucht. Im Anschluss wird analysiert, ob Abweichungen bezüglich der Anzahl der Unfälle und den Verunglückten zwischen den Bundesländern existieren.

### 6.1 Regressionsanalyse

Für die Regressionsanalyse sieht das Modell folgendermaßen aus:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\text{Fahrleistung})_t + \beta_2 \cdot (\text{Straßenlänge})_t + e_t \quad (6.1)$$

$t$  sind die Jahre von 1991 bis 2014.  $y$  ist die Anzahl der gesamten Unfälle im Straßenverkehr in Abhängigkeit von  $t$ .

Da die Variablen unterschiedliche Maßeinheiten besitzen, sollen die Variablen vorher standardisiert werden, um sie so miteinander vergleichbar zu machen. Die Transformation bewirkt ebenfalls eine bessere Interpretation der Variablen. Eine standardisierte Variable erhält man, indem man die Differenz zwischen der zu standardisierenden Variable und dem Erwartungswert bildet und anschließend durch die Standardabweichung dividiert. Entsprechend hat eine Variable, die standardisiert wurde, die Eigenschaft des Erwartungswertes Null und die Varianz von Eins, sie ist also normalverteilt. Eine standardisierte Variable wird auch als Z-Variable bezeichnet.

Nachfolgend werden zunächst die Ergebnisse der Regression dargestellt. Da die Regression für standardisierte Werte durchgeführt wird, fällt die Konstante weg.

	Coefficients	Std. Error	t-value	Prob.
Straßenlänge	-1,031	0,278	-3,711	0,001
Fahrleistung	1,165	0,278	4,194	0,000

Tabelle 6.1: Ergebnisse der ersten Regression

Die beiden Variablen, Straßenlänge sowie Fahrleistung, können bei einem Signifikanzniveau von 5% als signifikant angesehen werden. Damit üben beide Variablen einen bedeutenden Effekt auf die Zielvariable aus. Die Straßenlänge weist einen positiven Effekt, mit -1,031 auf die jährliche Unfallrate auf, wohingegen die Fahrleistung einen negativen Effekt auf die jährliche Unfallrate aufweist, mit 1,165 (Tabelle 6.1.).

Diese Ergebnisse sind nicht überraschend. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall bei dichtem Verkehr passiert, ist wahrscheinlicher als bei geringem Verkehr. Steigt die Straßenlänge, so verringert sich die Verkehrsdichte und damit die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall geschieht. Dass die Anzahl der Unfälle mit steigender Fahrleistung ansteigt, ist ebenfalls nichts Ungewöhnliches. Je mehr Menschen auf der Straße unterwegs sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall passiert als andersrum. Dieses Argument wird durch personenbezogene Ursachen<sup>23</sup> bekräftigt.

Das Modell liefert ein  $R^2 = 45,90\%$ , somit kann 45,90 % der Variation durch das Regressionsmodell erklärt werden.

In der Statistik der Verkehrsunfälle sind auch Unfälle mit Fahrrädern einbezogen. Die Daten zur Fahrleistung beinhalten jedoch keine Information darüber, wie viele Kilometer mit dem Fahrrad gefahren wurde. Die Ergebnisse können durch die unvollständigen Information daher ein wenig verfälscht sein, da besonders bei schönem Wetter die Rate der Fahrradfahrer vergleichsweise hoch ist. Es ist daher anzunehmen, dass die oben dargestellte Fahrleistung wahrscheinlich ausgeprägter ist als beschrieben.

Führt man die Regression bezüglich der Unfallrate mit Verletzten als abhängige Variable durch, kommen ganz andere Ergebnisse dabei heraus:

	Coefficients	Std. Error	t-value	Prob.
Straßenlänge	0,430	0,182	2,358	0,028
Fahrleistung	-1,191	0,182	-6,537	0,000

Tabelle 6.2: Ergebnisse der zweiten Regression

<sup>23</sup> siehe dazu Kapitel 4.2.

Die Fahrleistung hat nun einen positiven Effekt, mit -1,191 und die Straßenlänge, mit 0,430 einen negativen Effekt auf die Unfälle mit Personenschaden. Beide Variablen üben auf einem Signifikanzniveau von 5% einen signifikanten Effekt auf die abhängige Variable aus. Das impliziert, dass mit steigender Fahrleistung die Unfallrate zurückgeht und bei steigender Straßenlänge die Unfallrate zunimmt. Diese Ergebnisse können nicht richtig sein. Das kann mit den Ergebnissen der deskriptiven Statistik erläutert werden. Damit die Fahrleistung sich negativ auf die Verkehrsstatistik auswirkt, müssten beide Kurven in die gleiche Richtung verlaufen, die Kurven verlaufen jedoch gegensätzlich. Gewissermaßen bedeutet dies, dass die Unfallrate mit zunehmender Fahrleistung abnimmt, welches die Ergebnisse der Regression bestätigt. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass bei steigendem Verkehr weniger Unfälle passieren. Folglich müssten Maßnahmen der Verkehrspolitik sowie technischer Fortschritt dafür sorgen, dass die Verkehrssicherheit immer ansteigt, was dazu führt, dass die Unfallrate mit Verletzten trotz zunehmenden Verkehr sinkt. Bei der Straßenlänge ist ein minimaler Trend nach oben zu beobachten. Die Unfallrate hat im Grunde einen fallenden Trend, es ist aber von Zeit zu Zeit zu beobachten, dass die Unfallrate ansteigt. Bei Betrachtung der Daten ist auffällig, dass wenn die Straßenlänge zunimmt, die Unfallrate öfters ebenfalls mit ansteigt<sup>24</sup>. Dementsprechend stimmen die Ergebnisse der Regression wieder. Damit ein positiver Zusammenhang zwischen der Unfallrate und der Straßenlänge entsteht, müsste die Straßenlänge einen deutlichen Trend nach oben haben. Die Begründung ist die gleiche wie die zur Fahrleistung, es ist zweifelhaft, dass bei weniger Verkehr mehr Unfälle geschehen als umgekehrt. Deshalb kann die Straßenlänge nicht einen negativen Einfluss auf die Unfallrate haben.

## 6.2 Trendanalyse der Verkehrsstatistik

Die Abbildung 6.1(a) zeigt den Verlauf der Unfallrate in der Zeit von 1991 bis 2014. Die Unfallrate aller Unfälle hat einen steigenden Trend. Der Trend wird durch die lineare Regressionsgerade und die Kurve der gleitenden Durchschnitte deutlich gekennzeichnet. Für die gleitenden Durchschnitte wurde ein Filter der Länge acht gewählt. Ein Filter mit einer kürzeren Länge würde keinen Sinn machen, da die Kurve der Unfallrate aller Unfälle stark schwankt und so der Trend komplizierter zu erkennen wäre. Bei einem 16-periodigen Moving Average ist der Trend noch deutlicher zu erkennen. Wie bereits in der Methodenbeschreibung genannt, sorgt ein großer Glättungsparameter für die "Gegenwartsorientierung". Da die Straßen sowie die Infrastruktur von heute nicht mit denen vor 10 Jahren oder mehr vergleichbar sind,

---

<sup>24</sup> siehe dazu Tabelle 7.1 unter Anhang

sollen nähere Werte der Gegenwart stärker gewichtet. Daher wurde für die exponentielle Glättung ein Glättungsparameter von 0,9 gewählt. Auch hier kann ab 2009 ein Trend nach oben beobachtet werden (Abbildung 6.1 (a) Kurve  $\text{Exp}(\text{UnfGes})$ ). Zudem ist zu erkennen, dass Schwankungen in der Statistik vorhanden sind. Nun stellt sich die Frage, woher diese Schwankungen zustande kommen. Schaut man sich die Statistik der Unfallursachen<sup>25</sup> an, kann man erkennen, dass in den Jahren, in denen höhere Unfallrate verzeichnet wurden, unfallbezogene Ursachen höher sind als in den Jahren mit niedriger Unfallrate (Tabelle 7.2). Lediglich im Jahr 1999 sind personenbezogene Ursachen höher. Der Grund für den Anstieg der Unfallrate war also hauptsächlich das milde Wetter, dies ist eine Annahme, da die Statistik sich auf die Unfälle mit Verletzten bezieht, Abweichungen sind daher nicht auszuschließen.

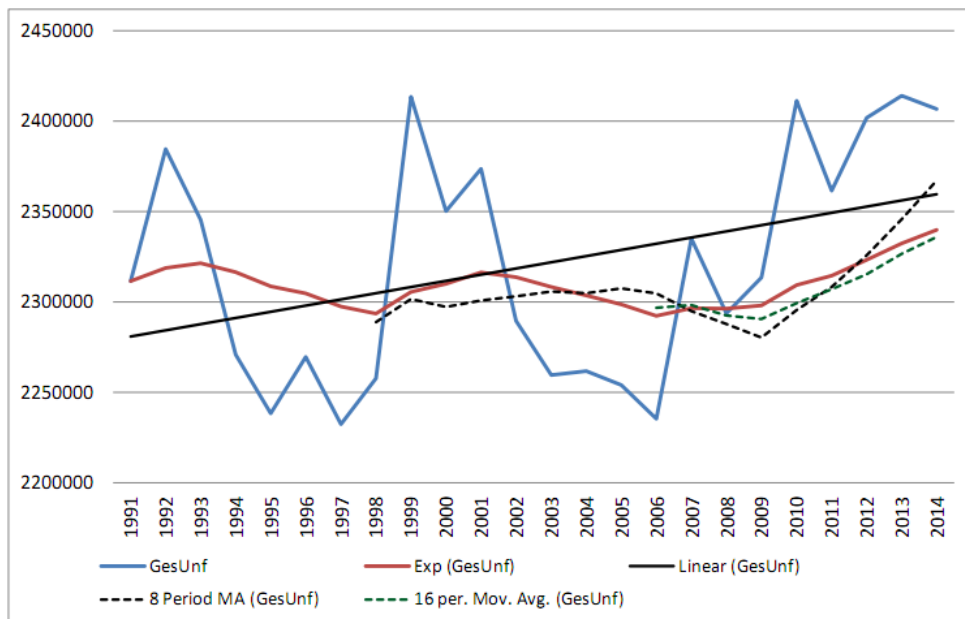
In der Abbildung 6.1(b) wird die Entwicklung der Unfälle mit Personenschaden dargestellt. Mithilfe der linearen Regressionsgerade wird der Trend dieser Variable ersichtlich. Die Trendkurve zeigt einen deutlichen Trend nach unten. Ebenfalls wurde ein 95 % - Konfidenzband und ein 95 % - Konfidenzintervall um die Variable  $\text{GesPer}$  und der linearen Regressionsgerade gezogen. Die Werte, die auf der Regressionsgerade liegen, liegen alle innerhalb des Konfidenzbandes. Betrachtet man hingegen das breite Konfidenzintervall, so kann beobachtet werden, dass ein Wert sich nicht im Konfidenzintervall befindet. Alle Werte, die sich außerhalb des breiten Konfidenzbereiches befinden, sind Werte, die nicht erwartet wurden und stellen somit Extremwerte dar. Das entspricht genau einem Wert. Betrachtet man dazu den Verlauf der Unfallursachen (Abbildung 6.2), kann man erkennen, dass auch die Zahl der Unfallursachen in 1999 angestiegen sind. Für die Abweichung wird vermutet, dass es mehrere Mitfahrer gab, so dass es mehrere Verletzte existieren, aber nur ein Unfall mit Personenschaden gezählt wurde.

Nun soll noch untersucht werden, ob die Unfallrate in bestimmten Monaten besonders hoch bzw. besonders niedrig ist. Zur Beurteilung werden die Werte der Jahre 1991, 2000 und 2014 herangezogen. Bei genauerer Betrachtung der Abbildung 6.3(a) ist zu erkennen, dass die Monatswerte der Unfallstatistik saisonal abhängig sind. Die Unfallrate ist im Frühling/Sommer und im Herbst am höchsten. In diesen Jahreszeiten werden auch die meisten Personen durch einen Verkehrsunfall verletzt (Abbildung 6.3(b)). Zum Winterende, Ende Februar/Anfang März, beginnt die Anzahl der Verletzten zu steigen und erreicht im Sommer, Juni bis August, ihren Höhepunkt. Ab da beginnt die Verletztenrate wieder zu sinken.

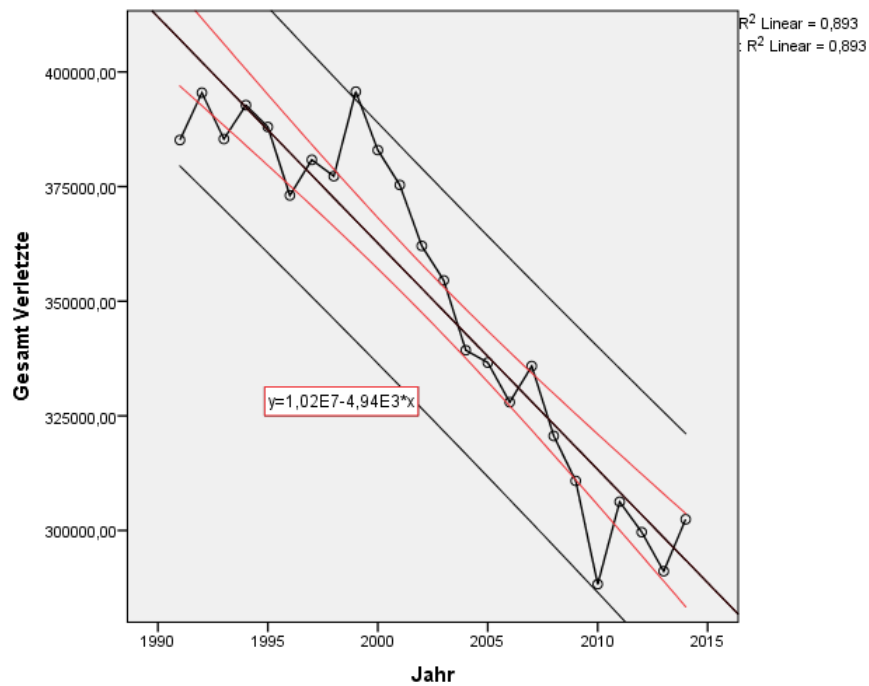
Die Unfallursachen zu den jeweiligen Monaten sind leider nicht gegeben. Ebenfalls zur Art der Verkehrsbeteiligung oder Wettergegebenheiten liegen leider keine Daten-

---

<sup>25</sup> Statistik bezieht sich auf Unfälle mit Personenschaden, eine Ursachenstatistik zu allen Unfällen liegt leider nicht vor. Die Statistik dazu kann im Anhang eingesehen werden (Tabelle 7.2). Zum direkten Vergleich werden nur die Höchstjahre (1999, 2010, 2013) und Niedrigjahre (1995, 1997, 2006) aufgeführt.



(a) Trendverlauf der Unfallrate



(b) Trendverlauf der Unfallrate mit Verletzten

Abbildung 6.1: Trendverlauf der Unfallrate und Unfallrate mit Verletzten in Jahren

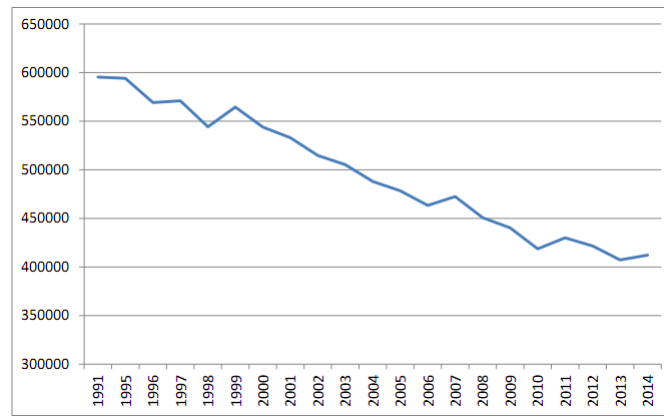
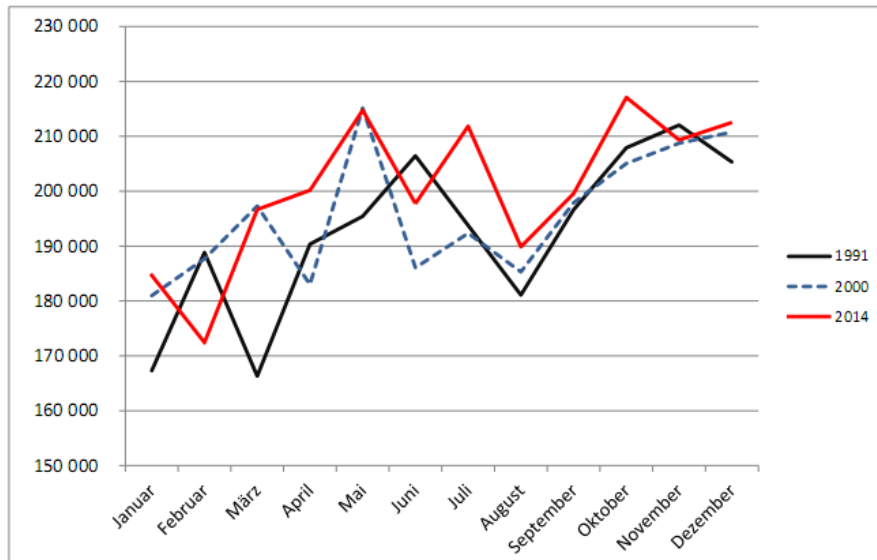


Abbildung 6.2: Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden

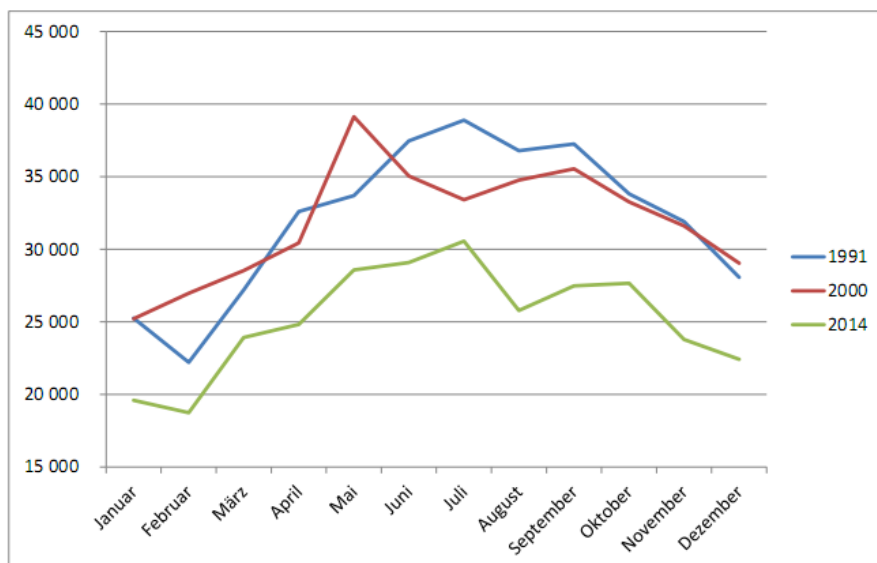
sätze für die jeweiligen Monate vor, daher kann diesbezüglich nur eine Vermutung aufgestellt werden, woher diese Abweichung zwischen den Monaten zustande kommen. Es wird daher vermutet, dass bei schönem Wetter besonders viele Menschen mit dem Fahrrad, Motorzweirad oder zu Fuß unterwegs sind. Solche Verkehrsteilnehmer werden im Verkehrssicherheitsprogramm von 2011 bis 2020 auch als “schwache” Verkehrsteilnehmer bezeichnet, das heißt, sie tendieren stärker zu Unfällen als andere Verkehrsteilnehmer. Die Schutzausstattung von solchen Verkehrsteilnehmern ist ebenfalls nicht so gut wie die eines Kraftfahrzeuges. Somit wurden die “schwachen Verkehrsteilnehmer“, wenn sie in einen Unfall verwickelt wurden, oftmals auch körperlich verletzt. Angenommen die genannte Theorie würde stimmen, dann würde sie auch für die Verletztenrate zutreffen.

Im Anhang, Tabelle 7.3, kann die Unfallstatistik zur Art der Verkehrsbeteiligung<sup>26</sup> eingesehen werden. Man sollte dabei jedoch berücksichtigen, dass das Verhältnis der Kraftfahrzeugnutzer ungleich der Nutzer von Fahrrädern und Motorzweirädern ist. Auch die Anzahl der Fußgänger ist heterogen zu den anderen Gruppen. Die Gruppe der Fußgänger ist relativ klein im Vergleich mit der Gruppe der Personenkraftfahrzeuge.

<sup>26</sup> Es sind nicht alle Fahrzeugarten aufgeführt.



(a) Unfallstatistik nach Monaten



(b) Unfallstatistik mit Personenschaden nach Monaten

Abbildung 6.3: Unfälle und Unfälle mit Verletzten in Monaten

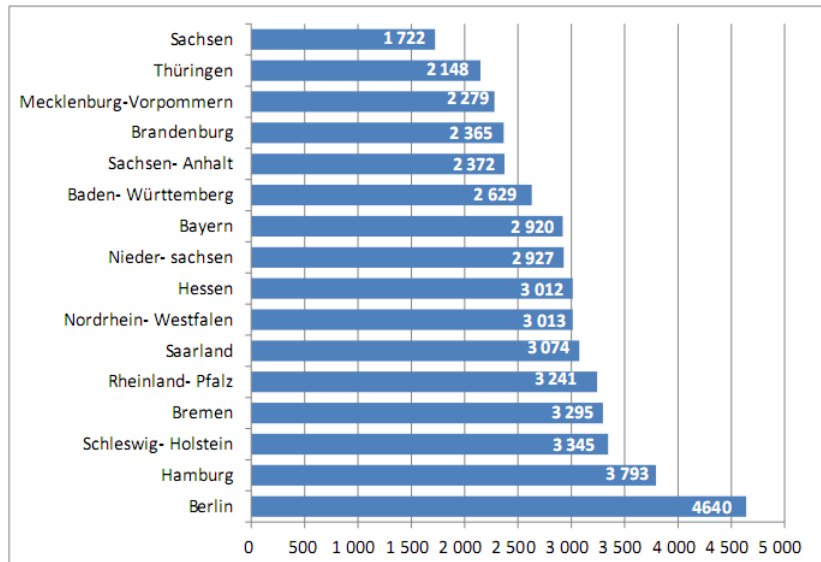
## 6.3 Vergleich der Bundesländer

Theoretisch sollten nur minimale Abweichungen bezüglich der Höhe der Unfälle zwischen den Bundesländern existieren, unter der Annahme, dass die Verkehrssicherheitspolitik wirksam ist und somit die Bedingungen auf allen Straßen identisch sind.

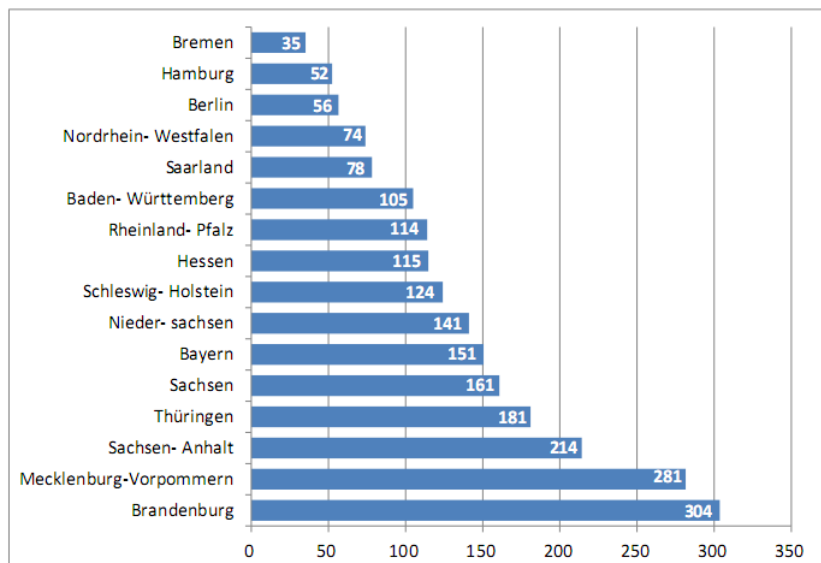
Die im folgenden genannten Werte beziehen sich auf je 100.000 Einwohner. Im Jahr 1991 ereigneten sich die meisten Unfälle in Berlin, mit 4.640 Unfällen, die wenigsten in Sachsen, mit 1.722 Unfällen (Abbildung 6.4(a)). Andererseits kamen nicht die meisten Menschen in Berlin ums Leben, sondern in Brandenburg mit 304 Toten. Die wenigsten Menschen starben durch einen Straßenverkehrsunfall in Bremen, mit 35 Toten (Abbildung 6.4(b)). Im Vergleich dazu ging die Anzahl der Verkehrsunfälle im Jahr 2014 auf 3.879 Unfällen in Berlin zurück, welches das Maximum darstellt. Hessen stellt das Minimum mit 2.164 Unfällen (Abbildung 6.5(a)) dar. Obwohl mehr als 20 Jahre dazwischen liegen, kann man nicht sagen, dass die Unfallrate sich herausragend entwickelt hat. Betrachtet man hingegen die Anzahl der Verkehrstoten, lässt sich durchaus sagen, dass die Verkehrspolitik ihre Arbeit tut. Den Höchstwert an Verkehrstoten stellt Sachsen-Anhalt mit nur 35 Toten (Abbildung 6.5(b)) dar, vergleichsweise 1991 mit 304 Toten bildet dies einen Rückgang von 169 Toten. Die Untergrenze repräsentiert Berlin mit nur 35 tödlich Verunglückten.

Die Unterschiede in der Unfallrate als auch in der Anzahl der Verkehrstoten zwischen den Bundesländern sind von 1991 bis 2014 kleiner geworden, jedoch immer noch vorhanden. Bei der Unfallrate gab es nur wenige Veränderungen innerhalb der Bundesländer, die Veränderungen sind hauptsächlich in der Statistik der Getöteten zu erkennen. Es kann angenommen werden, dass die Verkehrssicherheitspolitik 1991 weniger im Fokus war, als es heute der Fall ist. Es stellt sich nun die Frage, wieso die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Wert so stark ist. Im Kapitel 4.2 wurde gezeigt, dass bei 91,35% aller Unfälle mit Verletzten die Unfälle durch Fehlverhalten der Fahrer ausgelöst werden. Es lässt sich daher vermuten, dass in den Bundesländern, in denen sich die meisten Unfälle ereignen, die größten Fahrer unterwegs sind. Nun kann es aber so sein, dass in diesen Bundesländern Rettungseinheiten sehr schnell eintreffen und somit schlimmeres verhindert werden kann. Wie in der Regressionanalyse bereits gezeigt, hängen Unfälle ebenfalls von der Fahrleistung ab. In Bundesländern mit einer hohen Unfallrate würde man also erwarten, dass die Fahrleistung dort besonders hoch ist.



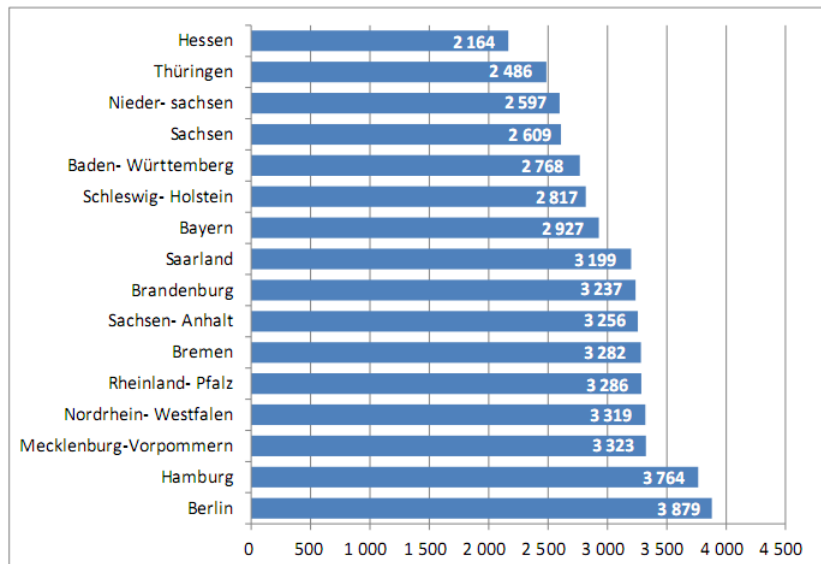


(a) Unfälle nach Bundesländern 1991 je 100.000 Einwohner

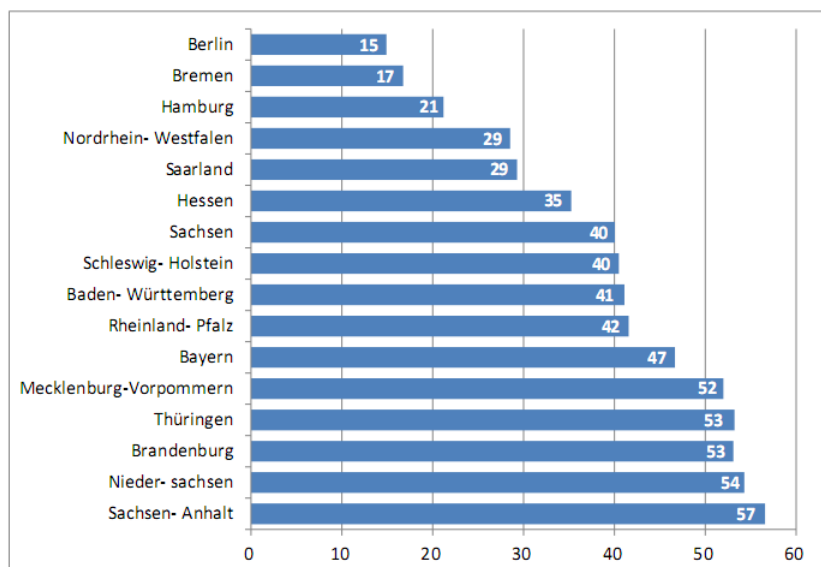


(b) Getötete nach Bundesländern 1991 je 100.000 Einwohner

Abbildung 6.4: Unfälle und Getötete nach Bundesländern 1991 je 100.000 Einwohner



(a) Unfälle nach Bundesländern 2014 je 100.000 Einwohner



(b) Getötete nach Bundesländern 2014 je 100.000 Einwohner

Abbildung 6.5: Unfälle und Getötete nach Bundesländern 2014 je 100.000 Einwohner

## 7 Fazit

Das Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob die Unfallrate mit der Fahrleistung sowie mit der Straßenlänge zusammenhängt. Dabei stellte sich heraus, dass beide Variablen einen signifikanten Effekt auf die Zielvariable ausüben. Es konnte gezeigt werden, dass die Fahrleistung einen negativen Effekt auf die Unfallstatistik hat. Die Straßenlänge hingegen wirkt sich positiv auf die Unfallrate aus. Das heißt, bei steigender Fahrleistung steigt die Unfallrate und bei steigender Straßenlänge sinkt die Unfallrate. Bei der Regressionsanalyse bezüglich der Unfälle mit Verletzten als Regressand und der Straßenlänge sowie die Fahrleistung als Regressoren wurde jedoch festgestellt, dass die Fahrleistung einen positiven und die Straßenlänge einen negativen Zusammenhang auf die Verkehrsstatistik hat. Logisch wäre es, wenn die Anzahl aller Unfälle abnimmt, wenn die Straßenlänge ansteigt, da die Verkehrsbelastung sich verringert. Adäquat würde die Anzahl aller Unfälle zunehmen, wenn die Fahrleistung ansteigt, da man annimmt, dass die Belastung des Verkehrs folglich hoch ist. Da der Verlauf der Statistiken der Verletzten und Verunglückten aber genau entgegengesetzt zur Fahrleistung verläuft, ergibt sich bei der zweiten Regressionsanalyse ein positiver Zusammenhang<sup>27</sup>. Analog gilt dies für die Straßenlänge. Es wird vermutet, dass diese Problematik mit der Verkehrssicherheit zusammenhängt. Technischer Fortschritt und eine verbesserte Verkehrssicherheit sorgen dafür, dass trotz zunehmenden Verkehr, immer weniger Menschen im Straßenverkehr ums Leben kommen. Eine Variable, die die Verkehrssicherheit beschreibt, könnte natürlich eingeführt werden. Das Problem ist hierbei jedoch die Messbarkeit der Verkehrssicherheit: wie und woran misst man die Sicherheit. Darüber hinaus können bessere Ergebnisse der Regression erzielt werden, indem man mehrere abhängige Variablen einbringt.

Im zweiten Teil der Analyse wurden die Jahres- und Monatsdaten der Verkehrsstatistik auf Trends geprüft. Das Ergebnis der Analyse ist, dass die Unfallrate im Zeitverlauf zunimmt, während die Unfälle mit Personenschaden abnimmt. Bei den Monatsdaten konnte beobachtet werden, dass die Unfallrate sowie die Unfälle mit Verletzten, besonders in den wärmeren Monaten, April bis Oktober, im Vergleich zu den restlichen Monaten verhältnismäßig hoch ist.

---

<sup>27</sup> Gesamte Unfallrate, Straßenlänge und Fahrleistung verlaufen alle in die gleiche Richtung, nämlich steigend, daher die Ergebnisse: positiver Zusammenhang zur Straßenlänge und negativer Zusammenhang zur Fahrleistung.

Weiterhin wurde ein Vergleich der Anzahl der Unfälle sowie der Verunglückten zwischen den Bundesländern durchgeführt. Die Abweichungen zwischen den Bundesländern können größtenteils durch die Verkehrsdichte erklärt werden. Eine hohe Unfallrate in Verbindung mit einer niedrigen Sterberate kann ein Indiz dafür sein, dass die Rettungsmaßnahmen in diesem Bundesland sehr gut ausgeprägt sind. Dabei erwies sich Berlin als das Bundesland mit der höchsten Unfallrate, aber mit den wenigsten Verletzten. Die wenigsten Unfälle ereignen sich in Hessen. Die meisten Menschen werden in Sachsen-Anhalt bei einem Unfall verletzt.

Die Datengrundlage sollte kritisch betrachtet werden. Die Grenzen von 24-Stunden und 30-Tage sind sehr fragwürdig. Eine Person unabhängig von der Schwere der Verletzung nach 24-Stunden als schwerverletzt einzustufen, ist nicht empfehlenswert. So ist eine Person, die lediglich eine Gehirnerschütterung erlitten hat und einer Person, die sich mehrere lebensbedrohliche Verletzungen zugezogen hat, stark zu unterscheiden<sup>28</sup>. Ähnlich verhält es sich bei der Grenze von 30 Tagen. Es stellt sich die Frage, was mit Personen geschieht, die nach ein bis drei Tagen versterben. Höchstwahrscheinlich werden diese Personen in die Kategorie “schwerverletzt” eingeordnet. Zudem wurde in den Statistiken immer eine sehr hohe Anzahl an Schwerverletzten beobachtet. Dies liegt insbesondere an der 24-Stunden-Grenze. Die amtliche Statistik müsste in Betracht ziehen, eine vierte Definition einzuführen. Von dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat (DVR) wird bspw. die Bezeichnung “lebensgefährlich verletzt” vorgeschlagen<sup>29</sup>

In der Einleitung wurde ebenfalls die Möglichkeit einer Senkung der Unfallquote durch Gesetzesänderungen/-einführungen erwähnt. Das konnte leider nicht analysiert werden. Nach dem Konzept “Shared Space” bewirken Regeln jedoch das Gegenteil. Die Idee vom Shared Space wird dem niederländischen Verkehrsingenieur Hans Monderman zugeschrieben und heißt übersetzt soviel wie “gemeinsam genutzter Raum“. Danach sollen etwa auf Verkehrsschilder oder Verkehrssampeln verzichtet werden und so die Fahrer anregen bewusster zu fahren. Eine steigende Sicherheit soll also durch bewusste Verunsicherung erzeugt werden. Das Konzept sollte jedoch mit Vorsicht angewandt werden, abhängig von der Straßenbedingungen ist es mehr oder weniger geeignet<sup>30</sup>.

---

<sup>28</sup> Vgl. [1]

<sup>29</sup> Vgl. [4]

<sup>30</sup> Vgl. [8]

## A Anhang

	GesPer	Straßenlänge in 1.000 km	Fahrleistung in Mrd. km
1991	385.147	226,5	574,1
1992	395.462	226,3	590,0
1993	385.384	226,8	597,5
1994	392.754	227,2	613,6
1995	388.003	228,6	624,0
1996	373.082	228,9	630,4
1997	380.835	231,1	637,1
1998	377.257	231,1	648,7
1999	395.689	230,7	668,2
2000	382.949	230,7	663,0
2001	375.345	230,8	682,6
2002	362.054	230,8	687,2
2003	354.534	231,6	682,2
2004	339.310	231,4	696,4
2005	336.619	231,5	684,3
2006	327.984	231,5	687,3
2007	335.845	231,4	692,0
2008	320.614	231,2	690,1
2009	310.806	231,0	699,1
2010	288.297	231,0	704,8
2011	306.266	230,8	717,6
2012	299.637	230,7	719,3
2013	291.105	230,5	725,7
2014	302.435	230,4	735,0

Tabelle 7.1: Statistik der Unfälle mit Personenschaden, der Straßenlänge  
und der Fahrleistung

	1995	1997	1999	2006	2010	2013
Unfallbezogene Ursachen	48.863	48.528	37.466	35.675	48.872	38369
Fahrzeugbezogene Ursachen	5.486	5.175	5.178	4.302	3.918	3.559
Personenbezogene Ursachen	539.602	517.181	521.893	423.373	365.799	365289

Tabelle 7.2: Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden

	Motor- zweiräder	Personen- kraftwagen	Bussen	Fahrrädern	Fußgänger
1992	51.206	343.901	5.805	78.695	47.884
1993	48.176	336.575	5.690	72.487	45.033
1994	52.275	340.908	5.700	74.955	44.826
1995	51.716	336.374	5.676	72.949	43.804
1996	50.583	324.438	5.514	66.667	41.845
1997	57.638	327.055	5.663	73.341	41.123
1998	56.322	325.283	5.559	68.879	40.185
1999	60.831	337.833	5.982	76.133	40.786
2000	58.185	327.030	5.715	73.927	39.706
2001	55.346	320.019	5.776	72.110	38.512
2002	54.054	308.437	5.626	71.219	37.776
2003	55.077	297.682	5.511	76.437	35.465
2004	51.043	285.441	5.406	74.090	35.439
2005	51.587	279.344	5.387	78.678	35.267
2006	51.619	270.750	5.425	77.353	34.505
2007	54.319	276.461	5.555	79.395	35.192
2008	51.142	261.802	5.216	79.658	34.201
2009	48.550	254.091	5.432	75.913	33.076
2010	42.722	236.798	5.423	65.647	30.767
2011	47.610	249.176	5.546	76.865	33.000
2012	43.878	244.929	5.450	74.961	32.716
2013	41.151	238.231	5.488	71.548	32.139
2014	45.625	245.412	5.532	78.685	32.139

Tabelle 7.3: Unfälle nach Art der Verkehrsbeteiligung

# Literaturverzeichnis

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (2010): Abschätzung der Gesamtzahl Schwerstverletzter in Folge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland
- [2] Bley Müller, Weißbach: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: [mit Beispielen zu IBM SPSS, SAS und Stata], 17. Auflage, Verlag Franz Vahlen GmbH, München, 2015
- [3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Halbzeitbilanz des Verkehrssicherheitsprogramms 2011-2020, Berlin, 2015
- [4] Deutscher Verkehrssicherheitsrat (DVR): Erweiterung der Kategorien der amtlichen Unfallstatistik und Definition der neuen Kategorie "lebensgefährlich verletzt", Beschluss vom 26.10.2010
- [5] Eckstein, Peter P.: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: Eine realdatenbasierte Einführung, 2. Auflage, Gabler Verlag, Berlin, 2010
- [6] Europäische Kommission: Ein europäischer Raum der Straßenverkehrssicherheit: Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020, 2010
- [7] Deutscher Verkehrssicherheitsrat (DVR): Verkehrssicherheit 2020 - Eckpunktepapier, 2010
- [8] Gerlach, J., Methorst, R., Boenke, D. und Leven, J.: Sinn und Unsinn von Shared Space: Zur Versachlichung einer populären Gestaltungsphilosophie
- [9] Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz - StVUnfStatG), in der Fassung vom 15. Juni 1990
- [10] Schira, Josef: Statistische Methoden der VWL und BWL: Theorie und Praxis, Pearson-Studium, München, 2003
- [11] Statistisches Bundesamt: Verkehr: Verkehrsunfälle 2014, Wiesbaden, 2015
- [12] Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle Zeitreihen 2014, Wiesbaden, 2015
- [13] Straßenverkehrsgesetz (StVG), in der Fassung vom 5. März 2003
- [14] Vogel, Jürgen: Formeln zur Prognose von Zeitreihen für Studierende der Wirtschaftswissenschaften, Ilmenau, 2014

## **Erklärung zur Urheberschaft**

Hiermit erkläre ich, Linh Duong Thi Thuy, dass ich die vorliegende Arbeit allein und unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die Prüfungsordnung ist mir bekannt. Ich habe in meinem Studienfach bisher keine Bachelorarbeit eingereicht.

Berlin, 15.01.2016

Linh Duong Thi Thuy